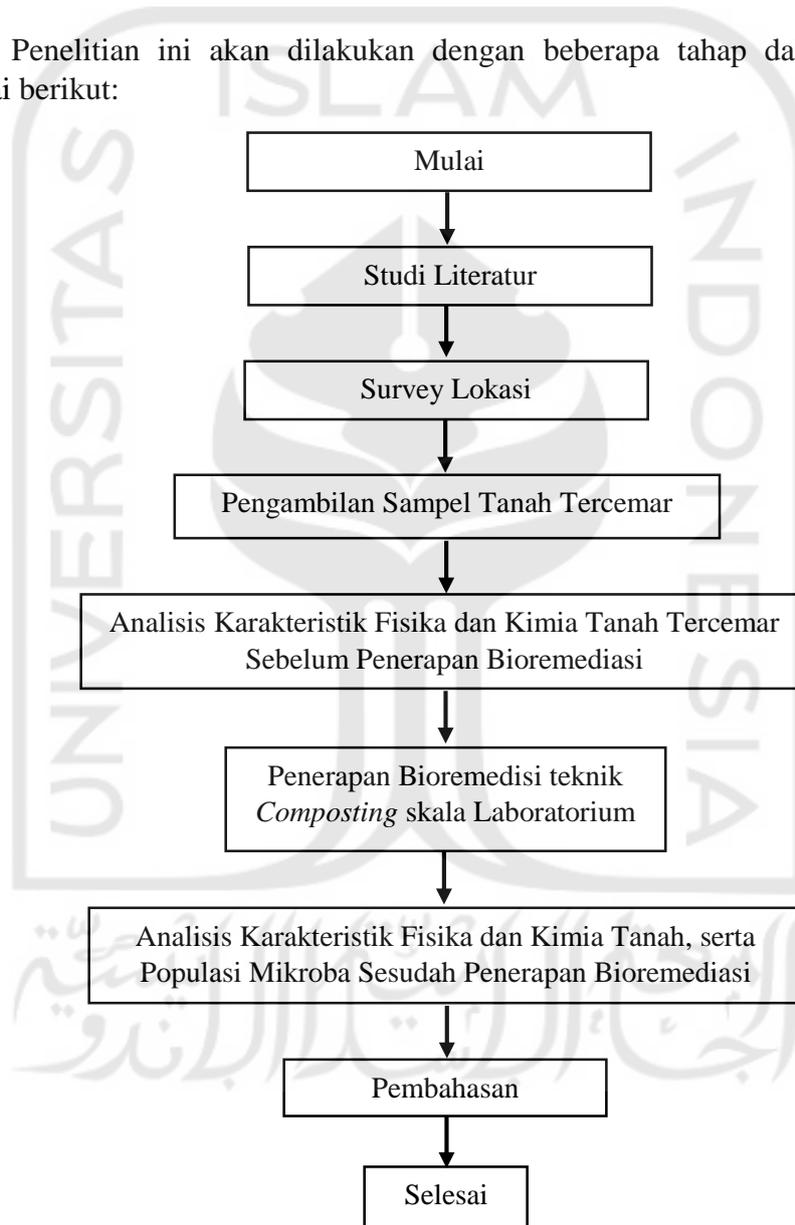


### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahap dalam kerangka sebagai berikut:



**Gambar 3. 1.** Diagram alir penelitian bioremediasi tanah tercemar dengan teknik *composting* di PT. X, Yogyakarta.

### 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Untuk penelitian secara umum bertempat di Laboratorium yang ada di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, diantaranya Laboratorium Bioteknologi Lingkungan untuk pengamatan mikroorganisme dalam limbah lumpur minyak, Laboratorium Rancang Bangun untuk desain reaktor serta operasi pengolahan limbah, dan Laboratorium Kualitas Lingkungan. Pengambilan sampel tanah tercemar bertempat di PT. X, Yogyakarta. Proses persiapan desain reaktor dan penimbangan tanah dilakukan mulai tanggal 2 November 2018 – 3 Desember 2018 kemudian pengoperasian reaktor dilakukan di Kost Putri Nganggrung pada tanggal 18 Desember 2018 – 17 Januari 2019.

### 3.3. Alat dan Bahan

#### 3.3.1. Alat

1. GPS (Global Positioning System) sebagai alat untuk penentuan lokasi dan pemetaan
2. Alat Biopori Model U dan Cangkul untuk pengambilan sampel tanah
3. Peralatan yang digunakan dalam penerapan Bioremediasi teknik *Composting*.
4. Peralatan yang digunakan dalam pengujian kadar air berdasarkan standar ASTM D2216-92 (1996).
5. Peralatan yang digunakan dalam pengujian parameter Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) berdasarkan metode Gravimetri.
6. Peralatan yang digunakan dalam pengujian parameter logam berat berdasarkan Spektrofotometri Serapan Atom.
7. Peralatan yang digunakan dalam pengujian populasi mikroba berdasarkan *Total Plate Count*.

#### 3.3.2. Bahan

1. Tanah tercemar di PT. X, Yogyakarta.

2. Kompos Kandang dan Kompos Hijau untuk penerapan Bioremediasi teknik *Composting*.
3. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian parameter *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)* berdasarkan metode Gravimetri.
4. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian parameter logam berat dan logam besi berdasarkan metode Spektrofotometri Serapan Atom.
5. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian populasi mikroba berdasarkan *Total Plate Count*.

### 3.4. Pengambilan Sampel Tanah Tercemar

Lokasi pengambilan tanah tercemar bertempat di PT. X, Yogyakarta.



**Gambar 3. 2.** Titik sampel pengambilan tanah tercemar yang dilakukan di dekat sumber pencemar di PT. X, Yogyakarta (titik warna merah: sumber pencemar, titik warna kuning: pengambilan sampel tanah)



**Gambar 3. 3.** Dari kiri ke kanan adalah tempat penyimpanan oli bekas dan tempat pencucian lokomotif yang merupakan sumber pencemar hidrokarbon di PT. X Yogyakarta

Titik 1, 2, 3, 4 berdekatan dengan penyimpanan oli bekas, sedangkan titik 5, 6, dan 7 berdekatan dengan tempat pencucian rangka bawah dan mesin diesel dari kereta api lokomotif. Untuk karakteristik sifat fisika dan kimia tanah tercemar, dilakukan pengambilan sampel tanah pada 7 titik tersebut menggunakan cangkuk dan alat biopori tanah. Menurut Suganda *et al* (2006), metode pengambilan tanah di bagi sesuai jenis sampel tanah. Untuk sampel tanah terganggu (*disturbed soil sample*), sampel tanah dikemas menggunakan kantong plastik tebal. Kemudian diberi label yang berisikan informasi tentang lokasi, tanggal pengambilan dan kedalaman tanah.

### **3.5. Persiapan Kompos dalam Perlakuan Bioremediasi**

#### **3.5.1. Kompos Hijau**

Kompos hijau merupakan kompos organik yang berasal dari tanaman yang digunakan sebagai nutrisi tambahan bagi bakteri pendegradasi hidrokarbon dalam proses bioremediasi. Menurut (Juliani dkk., 2011), kompos merupakan komponen penting yaitu pengembur tanah yang berperan dalam proses oksidasi yang dilakukan oleh mikroba serta tambahan nutrisi yang cocok untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroba. Berikut kandungan yang terdapat dalam kompos hijau.

**Tabel 3. 1.** Karakteristik fisika dan kimia kompos hijau yang digunakan untuk perlakuan bioremediasi teknik *composting* pada tanah tercemar di PT. X, Yogyakarta

Parameter	Nilai
Kadar Air (%)	20 sd 40
C Organik (%)	20 sd 30
N Total (%)	1,1 sd 1,5
C/N Ratio	13 sd 30
pH	6 sd 7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	2,5 sd 3
K <sub>2</sub> O (%)	1 sd 2
CaO (%)	2 sd 4
MgO (%)	1 sd 3
SO <sub>4</sub> (%)	2 sd 3
Mn (%)	0,1 sd 0,15

### 3.5.2. Kompos Kandang

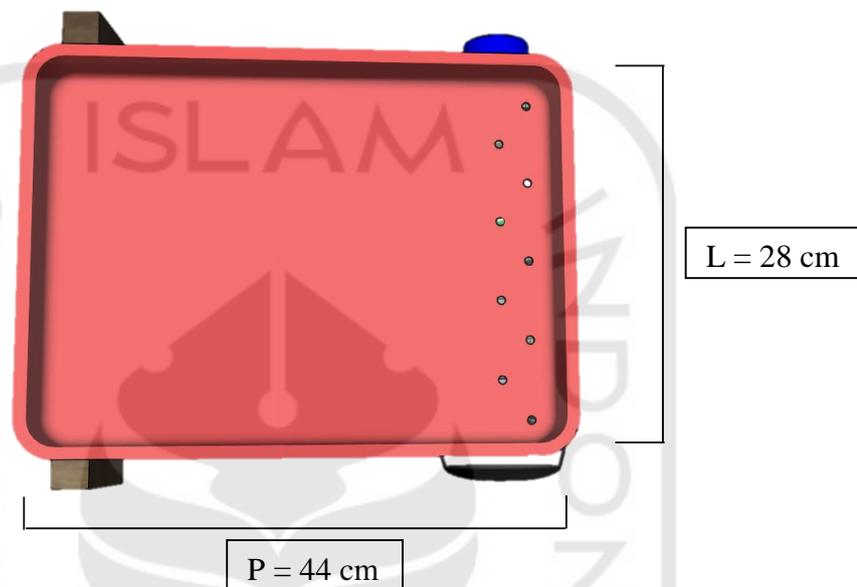
Kompos Kandang yang digunakan berasal dari kotoran kambing. Komposisi yang ada pada kotoran kambing mengandung unsur hara yang lebih besar dibandingkan dengan kotoran hewan lainnya. Kelembaban kompos tidak begitu tinggi jika dibandingkan dengan kompos hijau yaitu 12-30%. Namun dengan pemberian air pada tanah perlakuan diharapkan dapat meningkatkan kadar air pada tanah tercemar.

## 3.6. Persiapan Penelitian Bioremediasi Tanah Tercemar Hidrokarbon dengan Teknik *Composting*

### 3.6.1. Persiapan Reaktor Tanah

Persiapan penelitian yang dilakukan meliputi persiapan alat dan bahan dan persiapan reaktor. Persiapan penelitian bertujuan untuk menjamin segala kebutuhan selama penelitian telah siap untuk digunakan. Reaktor penelitian digunakan untuk menyimulasikan tanah tercemar tumpahan minyak seperti kondisi aslinya saat di lingkungan. Reaktor yang dipakai dalam penelitian berupa wadah plastik berdimensi 44 cm x 28 cm x 5 cm. Pada satu sisinya dilubangi dengan menggunakan bor listrik sebanyak 9 lubang dengan masing-masing lubang

memiliki diameter 0,6 cm. Lubang pada wadah plastik berfungsi untuk mengeluarkan air lindi dari reaktor, sehingga tidak ada air yang berlebih di dalam wadah yang dapat menyebabkan membusuknya tanah.



**Gambar 3. 4.** Desain tampak atas dari reaktor tanah yang digunakan untuk pengolahan bioremediasi teknik *composting* pada tanah tercemar di PT. X, Yogyakarta



**Gambar 3. 5.** Desain tampak samping dari reaktor tanah yang digunakan untuk pengolahan bioremediasi teknik *composting* pada tanah tercemar hidrokarbon di PT. X, Yogyakarta

Bagian bawah dari wadah yang berlubang lalu dipasang botol mineral 1,5 L secara horizontal. Bagian panjang dari botol tersebut sebelumnya sudah dilubangi untuk dapat menampung air lindi yang mengalir dari wadah. Wadah dan botol tersebut kemudian disusun berurutan pada bidang yang lebih tinggi hingga

membentuk kemiringan  $20^\circ$ . Sudut kemiringan tersebut dipilih karena jika sudut  $>20^\circ$ , maka air yang diberikan pada saat proses penyiraman tanah akan langsung mengalir keluar melalui lubang-lubang yang ada. Sebaliknya jika wadah dibiarkan dalam kondisi sudut  $<20^\circ$ , maka dikhawatirkan ada bagian tanah yang akan membusuk karena air lindi tidak mengalir. Selain itu, dengan kemiringan  $20^\circ$  diharapkan dapat memberikan waktu tinggal yang cukup untuk air sehingga proses aerasi pada tanah tercemar akan berjalan.



**Gambar 3. 6.** Desain tampak keseluruhan dari reaktor tanah yang digunakan untuk pengolahan bioremediasi teknik *composting* pada tanah tercemar di PT. X, Yogyakarta



**Gambar 3. 7.** Reaktor *composting* dengan penambahan 2,5% kompos kandang yang digunakan untuk penerapan bioremediasi tanah tercemar yang ada di PT. X



**Gambar 3. 8.** Tampak samping reaktor *composting* yang digunakan untuk bioremediasi tanah tercemar yang ada di PT. X

Wadah plastik diisi dengan campuran tanah tercemar dengan varian jenis dan persentase kompos dengan berat total  $\pm 5$  kg. Tinggi tanah dalam reaktor yaitu 7 cm. Sebelum tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah plastik, tanah tercemar di haluskan dulu dengan menghancurkannya dengan menggunakan palu. Hal ini dikarenakan kondisi fisik dari tanah tercemar yang mengeras. Menurut Yulaikah (2007), tanah yang baik mempunyai kemampuan untuk menghisap (menyerap), sedangkan yang tidak mengandung material organik cenderung akan mengeras. Selanjutnya tanah tercemar dicampurkan dengan kompos sesuai dengan persentase kompos yang diujikan. Masing-masing reaktor penelitian dibuat pengulangan sebanyak 3 kali.

Reaktor kontrol terdiri dari:

1. Reaktor Kontrol (K) yaitu berisi tanah tercemar minyak (w/w terhadap berat total pengolahan)
2. Reaktor uji pengaruh penambahan kompos dengan variasi sebagai berikut:
  - Kompos Hijau
    - Reaktor H2,5 : tanah + kompos hijau 2,5% (w/w terhadap berat total pengolahan)
    - Reaktor H5 : tanah + kompos hijau 5% (w/w terhadap berat total pengolahan)

- Reaktor H10 : tanah + kompos hijau 10% (w/w terhadap berat total pengolahan)
- Reaktor H20 : tanah + kompos hijau 20% (w/w terhadap berat total pengolahan)
- Kompos Kandang
  - Reaktor K2,5 : tanah + kompos kandang 2,5% (w/w terhadap berat total pengolahan)
  - Reaktor K5 : tanah + kompos kandang 5% (w/w terhadap berat total pengolahan)
  - Reaktor K10 : tanah + kompos kandang 10% (w/w terhadap berat total pengolahan)
  - Reaktor K20 : tanah + kompos kandang 20% (w/w terhadap berat total pengolahan)

Adapun masing-masing reaktor secara lebih rinci dapat di lihat pada tabel berikut.

**Tabel 3. 2.** Proporsi tanah dan kompos pada tiap perlakuan (H= kompos hijau, K= kompos kandang. Dosis 2,5%, 5%, 10%, dan 20%)

No	Perlakuan	Variasi Proporsi	
		Tanah	Kompos
1	Kontrol	5000 gram	-
2	H2,5	4875 gram	125 gram
3	H5	4750 gram	250 gram
4	H10	4500 gram	500 gram
5	H20	4000 gram	1000 gram
6	K2,5	4875 gram	125 gram
7	K5	4750 gram	250 gram
8	K10	4500 gram	500 gram
9	K20	4000 gram	1000 gram

### 3.6.2. Tahapan Pengoperasian Reaktor

Selama 30 hari pengoperasian reaktor, dilakukan penjemuran pada siang hari, sedangkan pada saat hujan dan malam hari semua reaktor ditutup dengan terpal kedap air untuk menjaga kondisi tanah. Pengadukan untuk masing-masing campuran tanah dan kompos juga dilakukan setiap hari selama 30 hari

pengoperasian reaktor untuk menghomogenkan antara tanah dan varian kompos yang ada. Selain itu, dilakukan pengontrolan setiap harinya untuk memastikan agar kandungan air dari campuran tanah tersebut terjaga. Untuk itu, dilakukan penyiraman tanah jika diperlukan. Menurut Munawar (2012), untuk penambahan air dapat disemprotkan langsung ke permukaan tanah tercemar. Kelembaban tanah harus dijaga antara 12% sampai 30% dari berat tanah. Jika berat tanah pada satu reaktor adalah 5 kg, maka penyiraman air yang diperlukan untuk kelembaban tanah 12% yaitu 600ml (1 gr = 1 ml (air)). Pengadukan dan penyiraman pada tanah dalam reaktor bermaksud untuk menyuplai kebutuhan akan oksigen tanah. Selain itu, pengadukan juga dimaksudkan untuk menjaga suhu tumpukan tetap ideal.



**Gambar 3. 9.** Semua tanah perlakuan di jemur pada siang hari di Kost Putri Nganggrung



**Gambar 3. 10.** Semua tanah perlakuan ditutup dengan terpal saat menjelang petang hari di Kost Putri Nganggrung

### 3.6.3. Analisa Parameter

Metode analisa yang digunakan untuk setiap parameter yang akan di uji adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.3.** Frekuensi parameter uji pada pengolahan bioremediasi teknik *composting* pada tanah tercemar di PT. X, Yogyakarta

Parameter	Metode	Acuan	Frekuensi
<i>pH</i> Tanah	pH meter	SNI 03-6787-2002	Setiap 3 hari
Temperatur Tanah	Termometer	SNI 06-6989.23-2005	Setiap hari
Kadar Air	Gravimetri	Standar ASTM D2216-92 (1996)	Setiap 3 hari
<i>Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)</i>	Gravimetri	US EPA 1998	Setiap 3 hari
Kandungan Logam Berat	Spektrofotometer Serapan Atom	SNI 01-2354.5-2006, SNI 6989.16:2009	Awal dan Akhir Penelitian
Populasi Mikroba	<i>Total Plate Count</i>	SNI 01-2332.3-2006	Awal, Tengah, dan Akhir Penelitian

#### a. Pengukuran kadar pH tanah

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter yang disesuaikan dengan SNI 03-6787-2002. Sebanyak 5 gram sampel ditambahkan aquades 25 ml (dengan perbandingan 1:5). Dikocok dengan *magic stirrer* selama 30 menit hingga homogen, didiamkan selama 30 menit, lalu diukur dengan *pH* meter. Lalu ulangi langkah tadi dengan menggunakan KCl, sehingga didapatkan data *pH* aktual dan *pH* potensial.

#### b. Suhu Tanah

Selama proses bioremediasi, mikroba akan menghasilkan panas. Menurut Pengukuran suhu tanah dilakukan dengan metode SNI 06-6989.23-2005 dengan menggunakan *thermometer*.

**c. Kadar Air**

Cawan dioven pada suhu diatas 100°C selama 24 jam, lalu dimasukkan dalam desikator selama 15 menit. Timbang berat kosong cawan (a). Di ambil 5 gram masing-masing sampel, dimasukkan ke dalam cawan lalu ditimbang (b), kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam. Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Setelah sampel kering dengan berat yang tetap, kemudian ditimbang (c). Kadar air dihitung berdasarkan persamaan (*Natural Resources Conservation Service, 2000*)

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1.)$$

**d. Populasi Mikroba (*Total Plate Count*)**

Pengujian di sesuaikan dengan SNI 01-2332.3-2006. Sampel tanah yang diambil untuk analisis TPC adalah sebanyak 1 gram. Sampel tanah tersebut dilarutkan dalam 9 ml aquades steril, kemudian dilakukan pengenceran sampel. Sebanyak 1 ml sampel hasil pengenceran, dimasukkan ke dalam cawan petri steril dan ditumbuhkan di media NA steril dengan metode *pour plate*.

**e. *Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)***

Timbang botol vial (a). Sampel tanah yang sudah dihilangkan kadar airnya kemudian digerus dengan mortar, ambil sampel sebanyak 5 gr (b). Tambahkan pelarut organik seperti n-heksana sebanyak 10 ml (c) kemudian di *shaker* dengan kecepatan tinggi sampai terlihat minyaknya keluar dari sampel, lalu di ambil supernatan sebanyak 5 ml (d). Kemudian di uapkan di atas *waterbath* pada suhu 70°C, minyak yang di peroleh lalu di timbang (e) untuk mengetahui minyak yang terkandung dalam contoh sampel setelah ekstraktannya habis menguap ( Ijah & Upke 1992). Tingkat degradasi diukur dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{TPH_0 - TPH_n}{TPH_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2.)$$

$TPH_0 =$  TPH hari ke-0 (g)

$TPH_n =$  TPH hari ke-n (g)

Sedangkan untuk mengetahui besar *TPH* dalam tanah tersebut digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TPH &= (e - a) \times (c/d) \times (1000/b) \\ &= y \text{ (gr/l)} \\ &= y \times 1000 \text{ (mg/l)} \\ &= ppm \end{aligned}$$

Untuk total berat minyak (*TPH*) yang diekstrak dapat diperoleh dengan menghitung selisih berat vial dan akhir (Greenberg, 1992).

$$TPH \text{ (%b/b)} = \frac{(e-a) \text{ gram}}{5 \text{ gram tanah yang diuji}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3.)$$

#### f. Logam Berat

Logam berat yang terkandung dalam tanah tercemar dianalisis dengan menggunakan *instrument AAS (Absorbantion Atomic Spectrofotometric)* yang disesuaikan dengan standar SNI. Berikut standar yang digunakan untuk tiap parameter logam berat.

**Tabel 3.4.** Parameter uji kandungan logam berat pada tanah tercemar

No	Parameter	Satuan	Metode	Acuan
1	Timbal (Pb)	mg/L	Spectrofotometri Serapan Atom	SNI 01-2354.5-2006
2	Kadmium (Cd)	mg/L	Spectrofotometri Serapan Atom	SNI 6989.16:2009

### 3.7. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh bersifat deskriptif dengan angka-angka kuantitatif. Analisa deskriptif kuantitatif disajikan dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul dan diinterpretasikan menggunakan tabel dan grafik *time series* agar mendapatkan data yang fluktuasi/variasi dari waktu ke waktu. Metode ini digunakan untuk mengetahui kinerja bakteri pendegradasi dalam bioremediasi tanah tercemar hidrokarbon dengan teknik *composting*.